

ВЛИЯНИЕ ИНТЕНСИВНОЙ МЕХАНИЧЕСКОЙ АКТИВАЦИИ НА СВОЙСТВА ПОРОШКОВОЙ СМЕСИ Al-ZrW₂O₈

В.С. Шадрин^{2,3}, Д.Ю. Зеленцов¹

Научный руководитель: д. ф.-м. н., профессор С.Н. Кульков^{1,2,3}

¹Национальный исследовательский Томский политехнический университет

²Национальный исследовательский Томский государственный университет

³Институт физики прочности и материаловедения СО РАН

E-mail: vshadrin91@gmail.com

Введение частиц с отрицательным коэффициентом теплового расширения (КТР) в материалы на основе алюминия, обладающие высокими механическими характеристиками, тепло- и электропроводностью, а также малым весом, с целью создания материалов с регулируемым КТР является актуальной задачей, так как особые свойства этого класса материалов делают их привлекательными для применения во многих областях, связанных с существенными температурными колебаниями, среди которых авиа-космическая техника. Вольфрамат циркония (ZrW₂O₈) обладает изотропным отрицательным коэффициентом теплового расширения и является одним из наиболее перспективных материалов для подобного применения [1]. Однако при комнатной температуре ZrW₂O₈ находится в метастабильном состоянии и при нагревании происходит его разложение на составляющие оксиды WO₃ и ZrO₂ [2]. И этот эффект может быть существенно ускорен при проведении интенсивной механической активации порошковой смеси Al-ZrW₂O₈, которая позволит добиться гомогенного распределения частиц вольфрамата циркония в алюминии.

Поэтому целью настоящей работы является исследование свойств порошковых смесей Al-ZrW₂O₈ после интенсивной механической активации различной длительности.

Исходными компонентами порошковых смесей Al-ZrW₂O₈ являются порошок технически чистого алюминия АСД-6 и порошок вольфрамата циркония, полученный гидротермальным методом [3]. Механическая активация проводилась на планетарной мельнице АГО-2 в течение 30 сек., 1 мин. и 5 мин. с частотой вращения 1820 об./мин, что обеспечивает ускорение 60g. Морфология порошков исследовалась с помощью сканирующего электронного микроскопа TESCAN Vega3. Размер частиц определяли по методу случайных секущих. Удельную поверхность порошков определяли по методу Брунауэра-Эммета-Тейлора (БЭТ) на приборе Sorbi-M. Рентгенофазовый анализ проводили на дифрактометре с фильтрованным CuK α излучением.

Порошок алюминия представлен сферическими частицами, средний размер которых составляет 3 мкм. Частицы ZrW₂O₈ имеют стержневидную форму и агломерированы. Поперечный размер частиц составляет до 0,6 мкм и длина до 20 мкм, что хорошо согласуется с [3, 4].

На рисунках 1 и 2 представлены изображения порошковых смесей после механической активации. После 1 минуты механической активации распределение частиц ZrW₂O₈ в смеси с алюминием гомогенное (рис. 1). Увеличение длительности механической активации до 5 минут приводит образованию агломератов (рис. 2). Несмотря на это, после агломерации порошка алюминия распределение частиц ZrW₂O₈ остается равномерным. При этом длина стержневидных частиц уменьшается, а их поперечный размер не меняется.

Дифракционные картины, полученные после механической обработки смесей, показали, что исходный фазовый состав сохраняется, т.е. реакций между компонентами порошковой смеси не происходит (рис. 3).

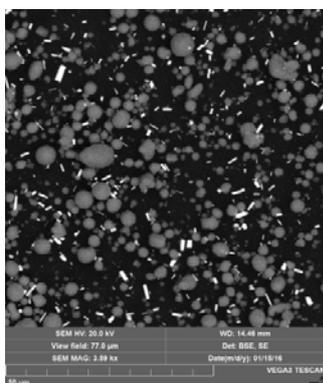


Рис. 1. Порошковая смесь после 1 мин механической активации

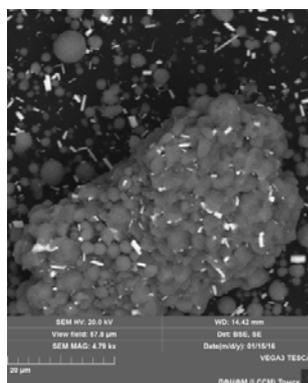


Рис. 2. Порошковая смесь после 5 мин механической активации

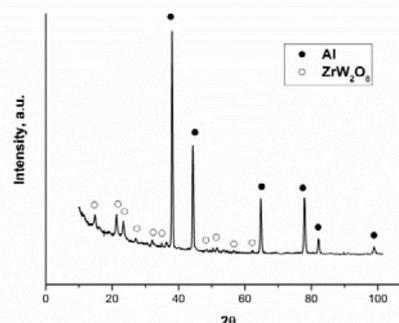


Рис. 3. Рентгенограмма порошковой смеси после 1 мин механической активации

На рисунке 4 представлена зависимость удельной поверхности полученной смеси (SSA) от времени механической активации. Исходное значение удельной поверхности составляло 2,8 м²/г, однако уже после 30

секунд механической активации она уменьшается до $2,2 \text{ м}^2/\text{г}$. После 5 минут механической активации значение SSA составляет $0,62 \text{ м}^2/\text{г}$, что свидетельствует о значительной агломерации смеси. Как видно из рис. 1 частицы алюминия имеют форму близкую к сферической, поэтому можно рассчитать средний размер частиц из значений удельной поверхности в предположении сферических частиц. Оказалось, что эти значения совпадают со значениями, полученными из анализа изображений (рис. 4).

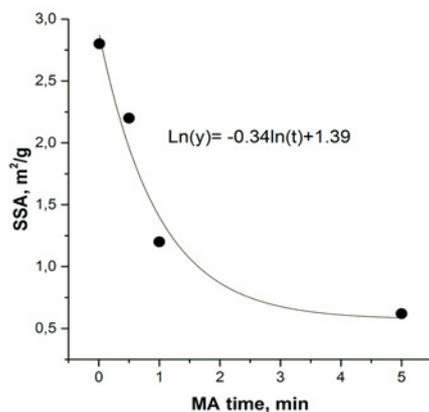


Рис.4. Зависимость удельной поверхности порошковой смеси от времени механической активации

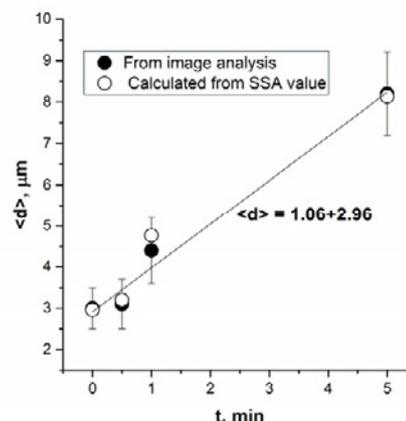


Рис.5. Зависимость среднего размера частиц алюминия от времени механической активации

Таким образом в работе показано, что 1 минуты интенсивной механической активации порошковой смеси Al – ZrW_2O_8 достаточно для достижения гомогенного распределения частиц ZrW_2O_8 в порошке алюминия. Дальнейшее увеличение времени механической активации приводит к агломерации порошка. Удельная поверхность порошковой смеси уменьшается с увеличением времени механической активации. Размеры частиц, рассчитанные из значений удельной поверхности совпадают с размерами частиц, полученными из анализа РЭМ изображений. Согласно данным рентгенофазового анализа исходный состав сохраняется и реакций в процессе механической активации не происходит.

Работа выполнена в рамках соглашения с Минобрнауки 14.575.21.0040 (RFMEFI57514X0040).

Список литературы

1. Evans J.S.O. Negative thermal expansion materials // Dalton Trans. – 1999. – P. 3317–3326.
2. Wu G., Zhou C., Zhang Q. et al. Decomposition of ZrW_2O_8 in Al matrix and the influence of heat treatment on $\text{ZrW}_2\text{O}_8/\text{Al-Si}$ thermal expansion // Scripta Materialia. – 2015. – Vol. 96. – P. 29–32.
3. Dedova E.S., Shadrin V.S., Gubanov A.I. et al. The Preparation and structural features of zirconium tungstate possessing abnormal thermal properties // Inorganic Materials: Applied Research. – 2014. – Vol. 5, No. 5. – P. 471–475.
4. Kulkov S.N., Dedova E.S., Pedraza F. et al. the influence of temperature on the properties of ZrW_2O_8 , epitanyag // JSBCM. – 2014. – Vol. 66, No. 2. – P. 35–37.